

ПВНЗ «ЄВРОПЕЙСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА Екології та ландшафтного дизайну

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 101 Екологія

(шифр та назва)

ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА Екологія

(назва)

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА
РОБОТА**

на тему:

**Еколого-економічне обґрунтування вирощування енергетичних культур на
території Київської області**

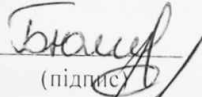
Студент (ка) 
(підпис студента)

Фірова Анастасія Володимирівна
(прізвище, ім'я по-батькові студента)

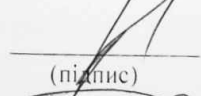
Науковий
керівник 
(підпис наукового керівника)

Діденко І.А., к.с-г.н, доцент
(прізвище, ініціали, наукове звання і ступінь)

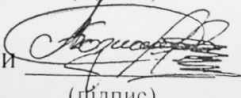
Допущено до захисту "16" 05 2025 р.

Завідувач кафедри 
(підпис)

Бондар Ю.О., к.б.н., доцент
(прізвище, ініціали, наукове звання і ступінь)

Декан факультету 
(підпис)

Амбер А.Ю.
(прізвище, ініціали)

Завідувач
навчальної частини 
(підпис)

Козинець А.О.
(прізвище, ініціали)

Київ – 2025

ПВНЗ «ЄВРОПЕЙСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА Екології та ландшафтного дизайну
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ Екологія
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА Екологія

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну бакалаврську роботу студента (ки):

ФІРОВІЙ АНАСТАСІЇ ВОЛОДИМИРІВНІ

(прізвище, ім'я, по-батькові студента(ки))

1. Тема роботи

Еколого-економічне обґрунтування вирощування енергетичних культур на території Київської області

2. Затверджена наказом по університету від « 30 » 09 2025 р. № 99

3. Цільова установка на вихідні дані до роботи

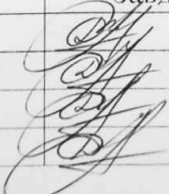
Літературні джерела: наукова література, офіційні звіти, публікації, книги, журнали, наукові статті, законодавчі акти, дослідження та інші джерела, які стосуються аналізу потенціалу вирощування енергетичних культур в області.

Статистичні дані: статистичні та аналітичні дані звітів, стратегії з розвитку, дані регіональної доповіді та екологічного паспорту Київської області.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)

Таблиці, схеми, рисунки.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів, що їх стосуються:

Розділ	Науковий керівник	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання отримав
Розділ 1.	Діденко І.А.		
Розділ 2.	Діденко І.А.		
Розділ 3.	Діденко І.А.		
Розділ 4.	Діденко І.А.		

6. Зміст випускної кваліфікаційної роботи (перелік питань)

- 1). Огляд літератури: опрацювати достатню кількість джерел, описати діючі виробництва, що вирощують енергетичні культури, навести приклади культур.
- 2). Дослідити агроекологічні умови Київської області з точки зору придатності до вирощування енергетичних культур;
- 3). Визначити перелік перспективних енергетичних культур, які можуть ефективно вирощуватись у регіоні (міскантус, енергетична верба, тополя тощо);
- 4). Провести еколого-економічний аналіз доцільності їх вирощування на малопродуктивних або деградованих землях;
5. Зробити висновки.

7. Календарний план виконання випускної кваліфікаційної роботи

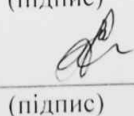
№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи	
		За планом	Фактично
1.	Обрання теми випускної кваліфікаційної роботи (ВКР)	05.08.2024-13.09.2024	13.09.2024
2.	Опрацювання літературних та інших джерел для написання ВКР	01.10.2024-01.11.2024	01.11.2024
3.	Виконання 1 розділу ВКР	04.11.2024-13.12.2024	13.12.2024
4.	Виконання 2 розділу ВКР	16.12.2024-31.01.2025	31.01.2025
5.	Виконання 3 розділу ВКР, висновки	03.02.2025-28.03.2025	28.03.2025
6.	Передзахист ВКР	21.04.2025-02.05.2025	02.05.2025
7.	Проведення перевірки на плагіат ВКР	21.04.2025-02.05.2025	02.05.2025
8.	Відгук керівника, рецензія	12.05.2025-16.05.2025	16.05.2025

8. Дата видачі завдання « 01 » 10 2024 р.

Керівник _____


(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____


(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР у СУЧАСНОМУ ГОСПОДАРСТВІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	7
1.1. Основні види енергетичних культур та їх агроекологічні особливості.....	7
1.2. Досвід вирощування енергетичних культур в Україні та світі.....	12
1.3. Екологічні та економічні переваги використання енергетичних культур.....	21
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
2.1. Характеристика природно-кліматичних умов Київської області.....	26
2.2. Обґрунтування вибору об'єкта та методів дослідження.....	30
2.3. Методи та підходи до оцінки еколого-економічної ефективності вирощування енергетичних культур.....	34
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ТЕРИТОРІЇ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	37
3.1. Потенціал вирощування енергетичних культур в Україні та Київській області.....	37
3.2. Екологічна ефективність вирощування основних енергетичних культур у Київській області.....	43
3.3. Економічна ефективність вирощування основних енергетичних культур у Київській області.....	50
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

ВСТУП

Погіршення екологічної ситуації, а також підвищення вартості на енергоресурси, яке спричинене використанням викопних палив, змушує суспільство знаходити інші способи, аби задовольнити власні енергопотреби. На даний час попит на альтернативні джерела енергії зростає, адже це зменшує вплив на довкілля і є багатообіцяючим шляхом для розвитку в аграрному секторі й не тільки. Київська область володіє сприятливими природними та кліматичними умовами, добре розвинену систему інфраструктури, доступні земельні ресурси, що сприяє розвитку та реалізації біоенергетичних ініціатив. Перетворення органічної сировини в енергію стає важливим аспектом для підтримання стійкості та надійності енергетичної галузі. Одним з основних джерел органічної сировини є сільське господарство. Це створює великі можливості для підвищення енергетичної самостійності, зберігаючи незмінним масштаби продовольчої продукції. Використання енергетичних культур для отримання різноманітних видів палива розширює можливості для енергетичного розвитку. Біомаса стає ефективним варіантом заміни звичайного палива, що допомагає знизити імпорتنу залежність та підтримує розвиток локальної економіки, забезпечує наявність нових робочих місць та знижує викиди парникових газів, які викликають зміни клімату.

Актуальність теми зумовлена сучасними викликами, пов'язаними з енергетичною безпекою, необхідністю диверсифікації джерел енергії та переходом до сталих моделей агровиробництва. Київська область, маючи сприятливі агрокліматичні умови та значні площі малопродуктивних земель, створює потенціал для розвитку біоенергетики як одного з ключових напрямів «зеленої» економіки. Вирощування енергетичних культур, таких як міскантус, енергетична верба чи тополя, дозволяє не лише підвищити ефективність

землекористування, а й знизити екологічне навантаження на довкілля, скоротивши викиди парникових газів.

Мета дослідження — здійснити комплексну еколого-економічну оцінку доцільності вирощування енергетичних культур у Київській області з урахуванням регіональних агроекологічних умов, потенціалу малопродуктивних земель та перспектив розвитку біоенергетики в контексті сталого природокористування.

Об'єкт дослідження — система землекористування на території Київської області в умовах трансформації аграрного виробництва до «зеленої» економіки.

Предмет дослідження — еколого-економічні аспекти впровадження вирощування енергетичних культур (зокрема міскантусу, енергетичної верби, тополі) на землях різного типу у Київській області, а також їхній вплив на довкілля та економічну ефективність землекористування.

Згідно мети були поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан енергетичного землеробства в Україні та Київській області, включаючи нормативно-правову базу та наявну статистику.

2. Дослідити агроекологічні умови Київської області з точки зору придатності до вирощування енергетичних культур.

3. Визначити перелік перспективних енергетичних культур, які можуть ефективно вирощуватись у регіоні (міскантус, енергетична верба, тополя тощо).

4. Провести еколого-економічний аналіз доцільності їх вирощування на малопродуктивних або деградованих землях.

6. Розрахувати економічну ефективність виробництва енергетичної біомаси у порівнянні з традиційними сільськогосподарськими культурами.

7. Розробити рекомендації щодо оптимізації використання земель Київської області шляхом впровадження енергетичних культур у контексті сталого розвитку.

РОЗДІЛ 1. СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР У СУЧАСНОМУ ГОСПОДАРСТВІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Рослини, що спеціально вирощують для виробництва й отримання біопалива або ж застосування як палива, називають енергетичними культурами. Їх переробка дає змогу отримувати біоетанол, біодизель, тверде паливо, біогаз. Ще здавна багаторічні й однорічні культури виконували роль промислової сировини, а тепер активно виконують функцію джерела енергії. Своє застосування у створенні біоенергії знаходять органічні рештки, такі як: рідкі органічні відходи, компост, гній, солома та інше. Такий матеріал з трав'янистих культур і залишків органіки повністю придатний для створення різних типів енергетичних носіїв і генерації енергії за допомогою різних методів обробки.

Сьогодні біоенергетика займає провідну роль серед відновлювальних джерел поступово витісняючи та замінюючи традиційні палива та сприяючи зменшенню забруднення навколишнього середовища.

1.1. Основні види енергетичних культур та їх агроекологічні особливості

Ця біоенергетика у нашій країні відкриває значні перспективи, як один з ключових шляхів розвитку, адже ми залежимо від імпорту енергоресурсів, зокрема від природного газу і тому з огляду на залежність країни від імпортованих ресурсів ми маємо достатньо значний потенціал для створення відновлювальної енергії.

Відсутність відповідального поводження, нехтування людиною станом навколишнього природного середовища та надмірно активна експлуатація у виробництві, спричинили виснаження нафтових, газових, вугільних ресурсів, кліматичних змін та екологічної кризи глобального масштабу.

Проте кількість людей на Землі невпинно збільшується, а потреба в енергетичних ресурсах та їжі постійно зростає.

Тому відновлювальні джерела енергії займають першочергове місце, а виробництво енергії з біопалива займає провідну роль, оскільки рослинні ресурси забезпечують практично невичерпний потік матеріалів, сировини, харчових продуктів, що стає ключовою характеристикою у зв'язку зі зростаючою нестачею світових ресурсів.

У порівнянні з іншими способами отримання зеленої енергії, біоенергетика створена з біологічної маси вирізняється значними перевагами, серед яких невисока вартість виробництва, універсальність застосування, можливе локальне створення енергоресурсів, а також стабільне постачання екологічно безпечної сировини.

Варто наголосити, що біоенергетика є сучасним альтернативним шляхом отримання прибутків, для сільськогосподарської галузі, сприяючи появі додаткових вакансій та збільшуючи важливість сільських регіонів.

Рослини, які призначені для біоенергетики, також відомі як традиційні енергетичні культури, які вирощують для їхнього спеціального використання у виробництві біопалива та генерації біоенергії. До таких культур належать верби, тополі, сорго, швидкоростучі дерева, міскантус, сорго.

Наразі відомо близько двох десятків різновидів швидкозростаючих рослин, що культивуються з метою отримання біомаси, серед яких - міскантус, тополя, верба, очерет, просо, евкаліпт, та інші.

З рослинної біомаси генерують теплову енергію та електроенергію, застосовуючи її у формі тирси для спалювання, а також як матеріал для виготовлення твердих видів біопалива, таких як паливні пелети та брикети.

Енергетичні культури мають характерні переваги. Вирощування біоенергетичних культур дозволяє залучати до використання та застосування малопродуктивні та неврожайні земельні ділянки. Залучення таких земель до

культивуваці таких рослин надає можливість уникнути простою цих ділянок і забезпечити додаткову вигоду для економіки. Наприклад замість того щоб залишати ці землі необроблюваними їх використовують для даного вирощування, аби отримати паливо та біоенергію. Це сприяє не лише раціональному використанню природних ресурсів, але й підтримує розвиток відновлювальної енергетики. Окрім того це може стати джерелом додаткового доходу для фермерів та сільських громад, особливо у віддалених регіонах. Вирощування таких культур створює робочі місця, сприяє економічній активності на місцях та підвищує значущість і роль сільських територій у загальній стратегії енергетичного розвитку [1].

З часом ці культури сприяють відновленню малопродуктивних земельних ділянок, запобігають виснаженню ґрунту та захищають його від ерозії. Під час їх вирощування відбувається комплексний процес оздоровлення ґрунту, що включає в себе покращення його структури, збагачення органічними речовинами, зменшення ризиків ерозії та регенерацію природних властивостей. Коренева система багаторічних культур як міскантус, верба чи тополя глибоко проникає в ґрунт, сприяючи його аерації й накопиченню необхідних поживних елементів. Це створює більше сприятливе середовище для розвитку мікроорганізмів і відновлення біологічного балансу ґрунту, що особливо важливо для земель, які довгий час були деградованими, або не використовувались через низьку продуктивність. Використання малопродуктивних земель для вирощування біоенергетичних рослин також допомагає зменшити навантаження на родючі ділянки, які можуть бути використані для традиційного сільського господарства.

Зменшуються потреби у вирубуванні лісів. Ліси традиційно використовуються як джерело деревени для енергетичних потреб, включаючи виробництво тепла та електроенергії. Це призводить до значного зменшення площі лісових масивів, зниження їхньої здатності поглинати вуглекислий газ, а

також до втрати природного біорізноманіття. Енергетичні культури такі як міскантус чи тополя вирощуються спеціально для виробництва біомаси, яка може замінити деревину в енергетичних процесах. Завдяки швидкому росту та високій продуктивності ці культури дозволяють отримувати значну кількість біомаси на відносно невеликих площах, що знижує потребу у вирубуванні лісів.

Здатні слугувати альтернативою викопним ресурсам, таким як природний газ та кам'яне вугілля. Вугілля та газ є викопними ресурсами, видобуток і споживання яких призводить до суттєвих екологічних проблем, включаючи викиди парникових газів, забруднення атмосфери, деградацію земель та виснаження природних резервів. Альтернативні підходи пропонують більш стійке і безпечне рішення. Біомаса з енергетичних культур, таких як верба, міскантус, тополя може перетворюватись на тверде біопаливо, як вже вище зазначалось або біогаз. Ці джерела мають низький рівень викидів вуглекислого газу, адже вуглець який виділяється під час спалювання, був раніше поглинутий рослиною під час її росту. Це забезпечує баланс між вуглецем, який виділяється в атмосферу і вуглецем який поглинається. Крім того виробництво біогазу дозволяє замінити природний газ, тим що він виробляється шляхом розкладання органічних матеріалів за участі анаеробних бактерій. Він є екологічно чистим і відновлювальним ресурсом, доступним для локального виробництва, що знижує залежність від імпорту викопного газу. Також це все зменшує антропогенний вплив на навколишнє середовище: менше видобувних операцій, що руйнують природні ландшафти та клімат [2].

Під час використання біопалива виробленого з рослин викиди діоксиду вуглецю (CO_2) менші, ніж той обсяг, які рослини поглинають під час фотосинтезу. При цьому утворення SO_2 знижується приблизно у 30 разів, а кількість залишкової золи стає набагато меншою в порівнянні з викопним паливом.

Органічний залишок, що виникає при спалюванні біопалива слугує побічною продукцією, придатною для застосування як високоякісне добриво, для покращення родючості ґрунту. Утворюються такі поживні елементи як вуглець, азот, калій, фосфор. Цей залишок зазвичай має структуру, яка легко інтегрується в ґрунт, збагачуючи його і сприяючи природному балансу. Використання такого добрива допомагає зменшити залежність від синтетичних хімічних добрив. Також це сприяє економії ресурсів, що дозволяє зменшувати витрати на купівлю дорогих хімічних препаратів. Такий підхід підтримує круговий цикл використання ресурсів, де побічна продукція енергетичних процесів знаходить своє друге життя в аграрному секторі.

Завдяки вирощуванню біоенергетичних культур та виробництву біопалива з'являються можливості для працевлаштування жителів сільських територій і забезпечують нові джерела фінансової підтримки громад у місцях де спостерігається значна нестача робочих місць, що особливо актуально для регіонів із низьким рівнем зайнятості [3].

Багаторічні культури відомі й характеризуються своєю продуктивністю протягом тривалого періоду (до 10 - 20 років), їх можна успішно вирощувати не тільки на високопродуктивних площах, а й на деградованих та малопродуктивних землях, які не підходять для більшості агрокультур, зокрема харчового призначення. Використання біомаси в Україні як джерела енергії знаходиться на тій стадії, коли робить перші кроки, але при цьому у Київська область має усі необхідні передумови для розвитку цієї сфери, завдяки сприятливим кліматичним умовам, великій земельній площі, аграрним можливостям, доступністю робочої сили. Тож зважаючи на усе це, ми можемо розуміти, що Київська область, як і Україна загалом має достатній потенціал. Виходячи з цього варто звернути увагу на такі культури, що мають перспективний розвиток у межах Київської області. А саме задля розгляду виокремимо саме ці: міскантус, тополя та верба. [4].

1.2. Досвід вирощування енергетичних культур в Україні та світі

У сучасному світі гостро постає питання імпорту енергоресурсів, таких як природний газ, нафта, а також необхідність пошуку, нових альтернативних видів палива з урахуванням вирішення екологічних проблем.

Як відомо протягом найближчих п'яти - шести років запаси нафти та обсяги її видобутку можуть значно зменшитись на 65 відсотків, тоді як попит на неї навпаки буде зростати. Аналогічна ситуація також спостерігається з природним газом, який може бути вичерпаний через шістдесят років. З огляду на це використання альтернативних джерел енергії стають дедалі більш актуальними.

Земельний фонд України, загальна площа якого становить 60,3 млн га, включає угіддя, що використовуються в сільському господарстві, серед яких чотири мільйони гектарів класифікуються як малородючі. На таких ділянках найдоцільніше займатися вирощуванням біоенергетичних рослин, які були вище вказані: тополя, міскантус, верба та інші [5].

Вирощування таких культур є поширеною практикою у країнах Європи - для більшості аграріїв це вигідний бізнес, а також можливість поліпшити якість ґрунтів. Для місцевих органів влади це джерело доходу від оренди та створення нових робочих місць, енергетична незалежність і покращення екологічної ситуації. На зараз загальна площа енергетичних культур висаджених у нашій країні становить 3337 га [6].

Міскантус. Враховуючи досвід вирощування міскантуса у Західній Європі та США, де він слугує базою та джерелом для біоенергетичних ресурсів, на території нашої країни він демонструє значний потенціал. Завдяки закріпленню коренової системи можливий збір сухої маси в кількості двадцять - двадцять п'ять тонн з гектару, через два роки та протягом наступних двадцяти [7].



Рис. 1.1. Міскантус (лат. *Miscanthus*)

Чудовим прикладом досвіду вирощування цієї рослини в Україні є компанія “Енерго Аграр”. Ідеї цієї фірми були спрямовані на виробництво паливних брикетів, проте вони не могли собі дозволити вирубку лісів, тож довелось думати над іншими варіантами, щодо того як можна це замінити та зменшити ризки. На думці були різні варіанти культур, проте їм було потрібне щось найефективніше, щоб могло закрити усі їх потреби для виробництва, завдаючи мінімальної шкоди навколишньому середовищу та отримуючи максимальний фітбек [8].

Компанія розглядала різні альтернативи такі як: лушпиння соняшника, тирсу, солому та зрештою обрали шлях культивування біоенергетичних рослин, звузивши вибір до міскантуса та верби. Все ж таки компанією було обрано міскантус, через нижчий рівень регуляції та корупції в аграрному секторі зрівнюючи з лісовим. Спочатку процес вирощування був доволі нелегким, так як бракувало достатньої кількості інформації та обізнаності, щодо вирощування та догляду за цією культурою. Усі знання збирались роками невеликими частинами як по всій Україні так і в Європі, Австрії, Польщі, Угорщині. З Європи постачали посадковий матеріал [9].

Енергетична верба. Енергетичну верба почали вирощувати в промислових масштабах вперше в Швеції в останніх роках 1980-х на початку 1990-х років ХХ століття. Це стало відповіддю на зростаючий попит на альтернативну енергетику в Європі. Саме Швеція стала лідером у розробці технології вирощування цієї культури як джерела та виробництва твердого біопалива. Інші країни такі як Данія, Польща Ірландія, Великобританія, США та багато інших перейняли досвід у Швеції у вирощуванні енергетичної верби. Поширення цієї багаторічної рослини в зазначених країнах обумовлено передусім вигідними кліматичними характеристиками, які створюють оптимальні умови для її культивування [10].



Рис. 1.2. Енергетична верба – вид верби (лат. *Salix*)

Хоча головна функція енергетичної верби полягає у забезпеченні біопалива для генерації тепла та електроенергії, однак кожна країна має власні особливості до застосування біомаси з плантацій цієї рослини та ключові фактори, що стимулюють розвиток ринку [11].

Ось кілька прикладів країн та їх способів використання верби:

1. Данія. Попри невелику територію, ця країна є одним із лідерів у галузі біоенергетики. Останнім часом тут почали активно створюватись новітні

системи інноваційних теплових станцій (централізоване опалення, які працюють на твердому біопаливі). Одним із важливих джерел палива для цих систем є саме енергетична верба, загальна площа якої у країні перевищує п'ять тисяч гектарів.

2. Великобританія. Згідно з інформацією АЕВІОМ плантації енергетичної верби займають приблизно чотири тисячі гектарів. Її деревина, а саме тріска використовується головним чином на теплоелектростанціях як біопаливо, що стало можливим завдяки відповідним нормативно-правовим актам.

Обмежена кількість лісових ресурсів у Великобританії та фінансова підтримка фермерів з боку держави, яка складає 800-1000 фунтів стерлінгів, допомагає компенсувати витрати на посадку та стали ключовими чинниками розвитку плантацій.

3. Швеція. Швеція вирощує енергетичну вербу на площах, які за оцінками складають від п'ятнадцяти до двадцяти тисяч гектарів. Щорічно близько п'ятиста гектарів засаджують новими рослинами і приблизно така ж кількість земель проходять процес рекультивації. Як зазначає компанія Lantmännen, виробництвом тріски та доглядом за плантаціями є фермери, які є основними їх власниками.

Рушійними силами для розвитку ринку є значне оподаткування на викиди CO₂, який становить 70 євро за одну тону та значний внутрішній попит на біомасу, викликаний поширенням централізованих теплових систем, які працюють на твердому біопаливі. Тріска з верб постачається на двадцять п'ять генеруючих об'єктів, що вивело Швецію на лідерську позицію у світових масштабах за цим показником [12].

Завдяки цим заходам Швеція зайняла провідну позицію у світі в цьому сегменті біоенергетики. Це дозволило країні значно скоротити залежність від імпорту дорогих енергоресурсів і переключитись на альтернативне виробництво. Цей успіх демонструє як швидко за короткий час можливо

кардинально змінити структуру енергоспоживання, одночасно створивши нові робочі місця [13].

Також важливо зауважити, щодо певних особливостей виготовлення гранул у країні. Тож у чому саме їх особливість та який ряд переваг вони мають:

- якість гранул залишається стабільною та без значних змін;
- гранули характеризуються стабільними показниками, включаючи теплоту згоряння, що є практично корисним для користувачів і дозволяє налаштовувати ефективну паливну подачу, забезпечуючи чисти процес горіння;
- цей матеріал має суху структуру, стандартизовану форму та розміри, що спрощує процес їх зберігання і роботи з навантаження чи розвантаження;
- гранули відрізняються високою енергетичною щільністю, тобто значним вмістом енергії;
- їх можна використовувати як паливо в установках різних потужностей, як малих, так і великих;
- цей продукт легко зберігати та транспортувати навіть у невеликих приватних господарствах;
- гранули доставляються у вигляді насипного матеріалу в автоцистернах, розвантаження якого проводиться за допомогою пневматичних систем безпосередньо в бункер, аналогічно процесу розвантаження нафтових продуктів;
- продається гранульована деревина у мішках або як їх ще називають біг-бегах різного розміру.

4. Україна. Вирощування енергетичної верби в Україні має значний потенціал та вже демонструє успішні результати.

Перші посадки. Перші промислові плантації енергетичної верби з'явилися в Україні в 2008 році. Ця культура стала перспективною для використання як біопаливо.

Технологія вирощування. Українські аграрії адаптували технології вирощування до місцевих кліматичних умов. Вона включає правильний вибір ділянок, підготовка ґрунту, висаджування саджанців, догляд за рослинами та збирання врожаю.

Економічна ефективність. Енергетична верба забезпечує урожайність біосировини від тридцяти до п'ятдесяти тонн на один гектар. Її використання як твердого біопалива дозволяє зменшити залежність від традиційних нам енергоресурсів.

Дослідження та підтримка. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України активно займається дослідженням та розробкою технологій вирощування енергетичної верби, що сприяє її популяризації серед фермерів.

Проекти. У Вінницькій області реалізовано кілька пілотних проектів із вирощування екологічної верби. Ці проекти демонструють, як ефективно можна використовувати вербу для забезпечення теплової енергії в місцевих, що працюють на твердому біопаливі.

Досвід фермерів. Багато фермерів в Україні почали вирощувати як альтернативу звичним нам культурам. Наприклад у Черкаській області фермери використовують вербу для забезпечення біопаливом місцевих шкіл та лікарень, що дозволяє значно зменшити витрати на опалення [14].

Експортний потенціал. Деякі українські компанії вже почали експортувати вербову тріску до країн Європи, таких як Чехія та Польща, де вона використовується для виробництва теплової енергії [15].



Рис. 1.3. Паливні гранули (пелети)

Тополя. Тополя – це ефективна рослина для виробництва біопалива у вигляді брикетів, гранул та тріски. На базі дослідного господарства Ксаверівка-Інституту Біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України проводяться дослідження різноманітних сортів тополі для їхнього впровадження в різноманітних регіонах України, враховуючи відмінні ґрунтові та кліматичні умови [16].



Рис. 1.4. Тополя (лат. *Populus*)

Організація спеціалізується на наданні експертних послуг із вирощування енергетичних рослин зокрема тополі, верби, міскантуса, свічграсу, для подальшого використання у біопаливній галузі, а також займається продажем посадкового і насіннєвого матеріалу від власних селекторів.

Біомасу збирають в період зимового спокою. Заготівля середніх та великих сортиментів здійснюється із застосуванням спеціальних машин для звалювання або ж бензопил. Для роботи з дрібними частинами застосовуються ручні інструменти, як от секатори, мотокущорізи та ножі [17].

Використання тополі як енергетичної культур у різних країни світу:

1. Італія. У цій країні тополя вирощується на спеціальних плантаціях для виробництва біомаси, яка використовується як паливо для теплоелектростанцій. Завдяки сприятливому клімату та інтенсивним агротехнічним заходам, італійські фермери отримують високі врожаї деревної маси

2. Швеція. Швеція є одним із лідерів у використанні тополі для виробництва біопалива. Плантації тополі забезпечують сировину для централізованих систем опалення. Це дозволяє країні зменшити свою залежність від імпортих поставок енергоресурсів.

3. США. У сполучених штатах тополя вирощується на великих плантаціях, особливо в південних штатах, де клімат сприяє її швидкому росту. Біомаса рослини використовується для виробництва гранул та брикетів, які експортуються до інших країн.

4. Угорщина. Угорщина також активно впроваджує технології вирощування тополі. Тут проводяться дослідження з адаптації різних сортів тополі до місцевих умов, що дозволяє підвищити продуктивність плантацій.

5. Канада. У Канаді ця культура вирощується на плантаціях для виробництва паливної тріски, яка використовується для опалення в холодних регіонах. Завдяки високій продуктивності цієї культури, канадські фермери забезпечують стабільне постачання біопалива.

Землі засіяні енергетичними культурами, серед країн ЄС розподіляються таким чином. Лідером є Італія, а саме п'ятдесят тисяч гектарів, за нею слідують Польща – тринадцять тисяч гектарів, далі Швеція – дванадцять тисяч гектарів, Німеччина одинадцять тисяч гектарів, а також Данія з десятима тисячами гектарів. Останню позицію займає Фінляндія – вісім тисяч гектарів [18].

Тож підсумовуючи, можна сказати, що Україна володіє значними ресурсами для розвитку біоенергетики і через ефективне залучення малопродуктивних земель, має можливість реалізувати весь цей потенціал, створюючи базу для альтернативних джерел енергії. Плантації енергетичних культур, мають усі передумови для того щоб стати одним із ключових напрямків цього процесу [19].

Світова та міжнародна практика демонструє, що проекти з вирощування енергетичних культур підтримуються державою, отримують схвалення та фінансову підтримку у всіх провідних країнах світу. Це є важливим кроком на шляху до енергетичної самодостатності. Світове співтовариство створює комфортні правові та наукові умови для фізичних та юридичних осіб залучених до культивування енергетичних культур [20].

1.3. Екологічні та економічні переваги використання енергетичних культур

Енергетичні культури мають значний вплив на навколишнє середовище та на економічний стан, сприяючи сталому розвитку та енергетичній незалежності, створюють стабільний дохід та нові робочі місця.

Розглянемо детальніше про переваги кожного з аспектів, розпочавши з екологічних.

1. Зменшення викидів парникових газів: використання біомаси енергетичних культур як палива, допомагає скоротити CO_2 , адже під час згоряння виділяється лише той вуглекислий газ, який рослина поглинула під час росту. Це сприяє боротьбі зі змінами клімату.

Наукові дослідження показали, що паливо виготовлене з біомаси під час згоряння не виділяє діоксид сірки та продукує лише незначну кількість оксиду азоту. До атмосферних забруднювачів також належать попіл та дим, видалення яких під час використання біомаси обходиться значно вигідніше. Таким чином застосування біомаси сприяє скороченню викидів в навколишнє середовище та зменшує витрати на їхнє усунення [21].

2. Рекультивація земель: енергетичні культури такі як верба, тополя, міскантус та інші можуть вирощуватись на деградованих землях, сприяючи їх відновленню.

3. Збереження біорізноманіття: плантації енергетичних культур створюють середовище для проживання різних видів флори та фауни, підтримуючи екосистеми.

4. Відновлюваність: Енергетичні культури є відновлювальним джерелом енергії, що забезпечує сталий цикл використання ресурсів.

5. Очищення ґрунтів та вод: Коренева система таких рослин утримує ґрунт запобігаючи ерозії, та фільтруючи забруднення вод. Зокрема тополя та

верба можуть поглинати важкі метали, такі як свинець, кадмій, ртуть. Міскантус в свою чергу можуть висаджувати для того щоб запобігти опустелюванню

6. Зменшення вирубки лісів: Використання біомаси з енергетичних культур для палива зменшує потребу в заготівлі дров та промисловій вирубці лісів. Адже, як вже неодноразово зазначалося, що продуктом такого зменшення потреб у вирубці та збереженні лісів є виготовлення пелетів та гранул. Екологічна перевага полягає у тому що уся сировина яка використовується для виробництва пелетів проходить процес пресування. Пелети не утворюють дим під час використання і забезпечують більш високий рівень тепловіддачі порівняно з дровами, тому їх широко рекомендують для опалення різних типів приміщень [22].

На теперішній час в Україні функціонує близько п'ятиста компаній які займаються виготовленням паливних пелет та гранул. Наприклад у Вінницькому регіоні працює підприємство "ТОВ Він-Пелета", що виготовляє паливні гранули та пелети із люцерни, ячменю, пшениці, сіна з різноманітних трав.

Крім пелетів, популярністю користуються брикети, які також відомі під назвою євродрога. Їх екологічна перевага полягає у тому, що вони екологічно чисті, не мають токсичних елементів, тож є безпечними та придатні для використання в різних опалювальних системах (топки та котли) [23].

Біомаса є одним з основних джерел енергії, які люди використовували, однак раніше її застосування обмежувалось простим спалювання. Сьогодні інтерес для більш ефективного та продуктивного використання біомаси значно зріс, що підтверджують такі факти та переваги:

- Завдяки здатності рослинної біомаси до постійного відновлення, її застосування не спричиняє зростання обсягів парникових газів.

- у більшості країн із розвиненою економікою є вільні земельні ресурси, що можуть бути використані для культивування біоенергетичних культур.

- Переробка різних типів відходів, включаючи сільськогосподарських побутов та інші для отримання енергії може стати ефективним інструментом, що сприяє розв'язанню екологічних викликів.

- Сучасні технології дозволяють значно ефективніше застосовувати біомасу.

- Використання біомаси сприяє скороченню обсягів органічних залишків, які зазвичай потрапляють на звалища. Замість цього такі відходи можуть бути спрямовані на електростанції, забезпечуючи зменшенню кількості сміттєзвалищ, мінімізацію екологічних ризиків для довкілля та ефективне отримання енергії.

- Енергія біомаси характеризується надійністю та стабільністю на відміну від альтернативних видів таких як вітрова чи сонячна енергія. Хоча доступність біомаси може змінюватись залежно від пори року, електростанції, що працюють на цьому виді палива, здатні постачати енергію безперервно незалежно від зовнішніх атмосферних умов.

Міжнародне енергетичне агентство вказує, що біомаса має перспективу замінити викопне паливо, забезпечуючи як теплову та енергетичну енергію. Серед її переваг – поширеність та поновлювальний характер.

На теперішній час близько трьох мільярдів людей у світі отримують тепло завдяки тваринним залишкам вугіллю та деревині, з якої ж і утворюється те саме вугілля [24].

Економічні переваги

Застосування енергетичних культур в Україні має великий потенціал та приносить економічні вигоди, адже:

- культивування таких рослин на малопродуктивних землях не впливає на обсяги вирощування сільськогосподарських культур, а отже не зменшує грошових надходжень до державного бюджету від їх реалізації.

- Вирощування таких культур не потребує значних фінансових ресурсів, а виробництво біопалива має низьку собівартість.

- Вони характеризуються високим рівнем тепловіддачі, що робить їх екологічно чистими і економічно вигідним замінником природного газу та кам'яного вугілля.

- Спалювання біопалива отриманого з енергетичних культур сприяє отриманню органічних добрив, які можуть застосовуватись для підвищення врожайності енергетичних культур.

- Водночас залучення до процесу вирощування, виробництва та використання біопалива з цих культур створює нові можливості працевлаштування для сільського населення та позитивно впливає на місцевий та державний бюджет.

- Виробництво біоенергії за використання енергетичних культур не вимагає модернізації автомобільних двигунів для її використання.

- Процес отримання біомаси можливий навіть без використання дорогих технологій чи значних капіталовкладень.

- Існує багато способів отримання енергії з біомаси, які є різноманітними, не складними та не потребують значних затрат праці та фінансів

Тож, залучення енергетичних культур до енергетичного сектора може стати одним із шляхів вирішення питання енергетичної залежності України, яка має вагомі ресурси, зокрема земельний фонд, робочу силу, біомасу матеріали та інше [25].

Наприклад Україна володіє величезним потенціалом для генерації біогазу, проте на сьогодні освоєно лише п'ять відсотків від наявного потенціалу.

Європейський ринок біогазових технологій оцінюється у три мільярди доларів, а до 2026 року його вартість може зрости до 25 мільярдів. Біогаз є екологічно чистим видом альтернативного палива, що отримується шляхом анаеробного бродіння біомаси. Незважаючи на це, біогазовий сектор залишається недостатньо розвиненими через низький рівень обізнаності в технологіях серед Українських аграріїв. Найвищий потенціал виробництва біогазу у нашій країні спостерігається у Київській та Дніпропетровській областях, що становить понад сто п'ятдесят тисяч тонн нафтового еквіваленту щорічно [26].

Щоб забезпечити потреби у виробництві теплової та електричної енергії до 2050 року необхідно приблизно сім мільярдів тонн біомаси. У зв'язку з цим світовий ринок біомаси стане ключовим для задоволення цих потреб і вимагатиме належного регулювання в аспекті вартості.

Україна сприяє економіці та підтримує розвиток енергетичних культур через реалізацію деяких інвестиційних програм та компенсацій, пільг та субсидій:

- У рамках державної програми з розвитку біоенергетики аграрії можуть отримати часткову компенсацію витрат на закладення плантацій.

- Функціонують механізми державного лізингу техніки, що використовується для вирощування та переробки біомаси.

- Комунальні підприємства, що переходять на біопаливо мають змогу отримувати енергетичні субсидії або податкові пільги.

- В деяких областях діють обласні програми, що підтримують впровадження котелень на біомасі (наприклад у Житомирській, Рівненській, Львівській областях).

- Українські фермери можуть подавати заявки на європейські програми (Horizon Europe, Green Recovery, Danube Transnational Programme).

- Держава є часто гарантом або партнером у таких проєктах.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика природно-кліматичних умов Київської області

Територія Київської області переважно хвилясто-рівнинна з нахилом у напрямку Дніпра. Північна частина регіону входить до складу Поліської низовини, а східні території охоплюють придніпровську низовину. Південно та південно-західна території області характеризуються значними підвищеннями рельєфу і є частиною Придніпровської височини, найвищі точки якої сягають близько 273 метрів над рівнем моря.

Рельєф Київської області вирізняється добре розвинутою системою водних шляхів, яка включає в себе 177 річок довжиною понад десять кілометрів. Усі ці річки відносять до Південного Бугу та Дніпра (а саме їх басейнів).

Ключові особливості рельєфу, гідрологічних характеристик, ландшафтів, кліматичних умов, а також складу рослинності та типів ґрунтів Київської області обумовили її унікальне географічне розташування, яке стало підґрунтям її знаходження між зонами Лісостепу та Полісся.

Ґрунтовий склад Київщини вирізняється значною різноманітністю, серед якої найбільшу частку займають чорноземні землі, які займають майже половину площі орних земель області. Рівень обробки ґрунтів тут перевищує шістдесят відсотків.

Значна частина Лівобережного Лісостепу – слабкодернові терасові рівнини вкриті чорноземами, ділянками із солонцями, лучно чорноземними ґрунтами. Ландшафти заплав характеризуються наявністю лук, боліт, а також борових утворень. Ґрунти гідроморфного типу мають особливість содового засолення.

Правобережний лісостеп характеризується височинними ландшафтами, які варіюються за рівнем розчленованості. У рослинному світі поширені лучно-степові і широколистяні види.

У Київській області ведеться видобуток корисних копалин, що використовуються для будівництва, серед яких знаходяться: каолін, кварцовий пісок, гнейс, граніт. Також є невеликі родовища торфу.

На півночі області розташоване Київське Полісся, яке вирізняється рівнинними ландшафтами водно-льодовикового і алювіально-льодовикового походження. Поширені борові та суборові ліси, болотні системи.

Для північного регіону Київщини переважають великі масиви змішаних, а також хвойних лісів. Там де людська діяльність мала мінімальний вплив, поширені ліси з широколистими деревами.

Фауна Київщини вражає своєю різноманітністю. Ця багатогранність є результатом географічного розташування області на стику двох зон – Полісся, що охоплює північну частину та Лісостепу, що займає південь.

Завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам, Київська область має високий потенціал для розвитку сільського господарства, лісового господарства та рекреаційної діяльності. Значна частина території використовується для вирощування зернових, технічних і овочевих культур, а також для садівництва та тваринництва.

Клімат області помірно-континентальний з чітко вираженими сезонами. Зима, як правило, м'яка з нестійким сніговим покривом, літо – тепле, іноді спекотне, із середньомісячною температурою повітря в липні близько +19...+21°C. Річна кількість опадів становить у середньому 600–700 мм, при цьому більша їх частина припадає на теплий період року. Це створює сприятливі умови для ведення землеробства, проте водночас підвищує ризики ерозії ґрунтів на схилах, особливо за відсутності протиерозійних заходів.

Екологічний стан регіону зазнає впливу як природних чинників, так і антропогенного навантаження. Одним із найбільших екологічних викликів є забруднення водних ресурсів, зокрема річки Дніпро, стічними водами з населених пунктів і промислових об'єктів. Також зростає проблема несанкціонованого сміттєзвалища поблизу великих населених пунктів та неконтрольованої вирубки лісів у північній частині області.

Природно-заповідний фонд Київської області представлений численними об'єктами: природними парками, заказниками, пам'ятками природи, лісовими резерватами. Серед них – Національний природний парк «Голосіївський», заповідник «Жуків острів», заказник «Межигір'я» та інші. Ці території виконують важливу функцію збереження біорізноманіття, регуляції мікроклімату та рекреаційного розвитку (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Карта природно-заповідного фонду Київської області

Враховуючи екологічні та кліматичні особливості Київської області, важливого значення набуває концепція сталого розвитку, яка передбачає збереження природного середовища для майбутніх поколінь при одночасному соціально-економічному зростанні. Розвиток інфраструктури, сільського господарства та промисловості в регіоні повинен відбуватись із дотриманням принципів екологічного менеджменту, що включає ефективне використання природних ресурсів, мінімізацію відходів, захист біорізноманіття та скорочення викидів забруднюючих речовин.

Одним із перспективних напрямів є впровадження екологічно чистих технологій у сільському господарстві. Наприклад, розвиток органічного землеробства, систем крапельного зрошення, агролісомеліорації та біоенергетики на базі відновлюваних джерел (солома, енергокультури, біогаз) дозволяє одночасно підвищити ефективність аграрного сектору й знизити антропогенне навантаження на довкілля.

Також доцільним є створення нових природоохоронних територій, зокрема в межах заболочених та лісових масивів півночі області, які мають високу екологічну цінність та виступають буферними зонами для збереження водного балансу і кліматичної стабільності. Урбанізовані райони області, зокрема ті, що прилягають до Києва, потребують розвитку систем поводження з побутовими відходами, рекультивації порушених земель, очищення ґрунтів і вод від залишків пестицидів і важких металів.

Невід'ємною частиною екологічної політики області має стати підвищення екологічної грамотності населення. Освітні програми, громадські ініціативи та екологічні акції повинні стимулювати дбайливе ставлення до природи, популяризувати практики сталого споживання та розширювати участь громадськості в ухваленні природоохоронних рішень [27].

Зростання екологічної свідомості серед населення Київщини є ключовим чинником успішної реалізації заходів сталого розвитку. Особливу роль у цьому

процесі відіграють навчальні заклади, які мають включати в навчальні програми тематику екологічної безпеки, сталого споживання ресурсів, поводження з відходами та охорони біорізноманіття. Проведення інтерактивних уроків, екологічних гуртків, тренінгів і виїзних занять на природоохоронних територіях сприятиме формуванню екологічної культури змалку.

У перспективі Київська область має всі передумови для того, щоб стати прикладом збалансованого поєднання розвитку економіки, збереження природного середовища та підвищення якості життя населення. Досягнення цього можливе за умови впровадження інтегрованого підходу до управління територіями, який враховує екологічні, соціальні та економічні чинники одночасно.

2.2. Обґрунтування вибору об'єкта та методів дослідження

Вибір Київської області як об'єкта дослідження зумовлений низкою важливих чинників, які свідчать про високий потенціал регіону у впровадженні енергетичного землеробства. Насамперед, область характеризується сприятливими природно-кліматичними умовами: помірно континентальним кліматом, достатньою кількістю опадів, тривалим вегетаційним періодом та наявністю різноманітних типів ґрунтів, включаючи дерново-підзолисті, сірі лісові та чорноземи. Ці умови є майже ідеальними для вирощування таких енергетичних культур, як міскантус, енергетична верба та тополя, які потребують стабільного зволоження, відносно м'якого клімату та придатних агрофізичних характеристик ґрунту [28].

Окрему увагу слід приділити структурі землекористування області. Київщина має значну площу малопродуктивних, деградованих або вилучених із традиційного сільськогосподарського обігу земель, які потенційно можуть бути використані для вирощування енергетичних культур без шкоди для

продовольчої безпеки. Застосування таких земель у біоенергетиці дозволяє вирішити одразу дві проблеми: зменшити антропогенне навантаження на продуктивні сільськогосподарські угіддя та сприяти рекультивації деградованих територій.

Ще одним вагомим аргументом на користь вибору Київської області є її розвинена транспортна інфраструктура, близькість до центрів переробки біомаси та наявність потенційних інвесторів і зацікавлених агровиробників, які можуть брати участь у впровадженні нових екологічних рішень. Область також має високий рівень інституційного розвитку та підтримки екологічних ініціатив, що створює сприятливе середовище для впровадження проєктів із вирощування енергетичних культур у межах політики «зеленої» трансформації економіки [29].

Методологія дослідження включає аналіз літературних джерел, оцінку агроекологічного потенціалу територій на основі даних з відкритих геоінформаційних систем, економічні розрахунки ефективності вирощування енергетичних культур, а також екологічну оцінку потенційного впливу біоенергетичних технологій на стан ґрунтів, рівень викидів парникових газів і загальний природоохоронний баланс регіону. Такий підхід дозволяє комплексно оцінити доцільність і перспективи вирощування енергетичних культур саме в межах Київської області [30].

Крім природно-кліматичних та соціально-економічних чинників, вибір Київської області як об'єкта дослідження був також обумовлений наявністю попередніх аналітичних та наукових напрацювань, що стосуються потенціалу розвитку енергетичного землеробства у регіоні. Це дозволяє ґрунтувати дослідження на достовірній інформаційній базі та порівнювати нові результати з уже наявними [31].

Зокрема, у межах дослідження активно використовувалися дані екологічного паспорта Київської області, який містить інформацію про

структуру землекористування, екологічний стан ґрунтів, рівень деградації земель і можливості залучення до використання малопродуктивних угідь. Крім того, було враховано дані регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища Київської області, які дають змогу оцінити екологічні ризики, характерні для різних частин регіону, а також напрями політики у сфері охорони довкілля [32].

Важливим джерелом інформації стало аналітичне дослідження “Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України”, де Київщина розглядається як одна з перспективних областей для вирощування міскантусу, енергетичної верби та інших культур на базі наявних природних і соціально-економічних передумов. Додатково вивчалися публікації та звіти про діяльність підприємств, які вже здійснюють вирощування енергетичних культур на території Полісся і Київської області, зокрема — успішні приклади інтеграції таких культур у локальні агровиробничі системи [33].

Ще одним важливим фактором, який зумовив вибір Київської області як об'єкта дослідження, є наявність значної кількості сільськогосподарських угідь, що поступово втрачають свою продуктивність через природні та антропогенні чинники. Зокрема, в області спостерігається поширення ерозійних процесів, що призводить до втрати гумусового шару, зниження водоутримувальної здатності ґрунтів та їх загального родючого потенціалу. Окрім ерозії, негативну роль відіграють виснаження ґрунтів внаслідок інтенсивного землеробства, неправильне застосування агрохімікатів, високий рівень забруднення, а також тривале використання монокультур [34].

Частина земель, особливо у північних районах Київщини, є малопродуктивними або тимчасово виведеними з активного сільськогосподарського обігу. Ці території часто не відповідають вимогам до вирощування традиційних продовольчих культур, однак можуть бути ефективно використані для культивування невибагливих до ґрунтових умов

енергетичних культур, таких як міскантус, енергетична верба, тополя або сіда [35].

Енергетичні культури мають високу біологічну продуктивність, здатні рости на деградованих і маргінальних землях, сприяючи при цьому поліпшенню структури ґрунту, зменшенню ерозії, вбиранню залишкових агрохімікатів та відновленню біологічної активності ґрунтового покриву. Їх вирощування також дозволяє створити буферні зони навколо водойм та полів, що виконує природоохоронну функцію. Саме на таких територіях впровадження фітоенергетичних технологій не лише має економічну доцільність, а й відповідає цілям сталого розвитку та екологічної реабілітації ландшафтів [36].

Наявність проблемних земель, що не використовуються за призначенням або піддаються деградації, відкриває додаткові перспективи для використання енергетичних культур як інструменту екологічного оздоровлення та економічної ефективності. Це ще один аргумент на користь вибору Київської області як моделі для аналізу [37].

Отже, вибір Київської області як об'єкта дослідження зумовлений сукупністю природно-кліматичних, соціально-економічних та екологічних чинників. Посадження сприятливих умов для вирощування енергетичних культур із наявністю деградованих або малопродуктивних земель створює реальні передумови для розвитку фітоенергетики в регіоні. Крім того, наявність аналітичних матеріалів, офіційних звітів і наукових напрацювань щодо стану довкілля та використання земель Київщини дозволяє здійснити комплексне оцінювання можливостей впровадження екологічно й економічно доцільного землекористування. Усе це свідчить про високий потенціал області для реалізації концепції сталого агровиробництва через вирощування енергетичних культур.

2.3. Методи та підходи до оцінки еколого-економічної ефективності вирощування енергетичних культур

Орієнтуючись на завдання дипломної роботи, матеріалами дослідження були нормативно-правові документи, що регламентують вирощування енергетичних культур в Україні, зокрема в Київській області, статистичні дані Держстату України, інформація з екологічного паспорта регіону, регіональні звіти про стан навколишнього природного середовища, наукові публікації та аналітичні дослідження щодо впливу вирощування енергетичних культур на довкілля та економіку. Особливу увагу було приділено дослідженням, що стосуються вирощування міскантусу, енергетичної верби й тополі — як найбільш перспективних культур для північного регіону України, включно з Поліссям.

У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів. Метод аналізу та синтезу застосовувався для вивчення чинників, які впливають на ефективність вирощування енергетичних культур. Метод теоретичного узагальнення дозволив систематизувати підходи до оцінки економічних і екологічних показників, а також виділити ключові параметри, що формують інтегральну еколого-економічну ефективність. Порівняльний аналіз використовувався для зіставлення різних моделей вирощування енергетичних культур на прикладі Київської області з урахуванням затрат, урожайності, обсягів біомаси та екологічних наслідків. Системно-структурний аналіз дав змогу оцінити взаємозв'язок між екологічними перевагами, економічною доцільністю та можливостями впровадження біоенергетичних технологій. Метод логічного узагальнення використано при формуванні висновків щодо перспектив розвитку фітоенергетики на основі зібраних матеріалів і проведених розрахунків [38].

1. Метод аналізу та синтезу. Цей метод застосовувався на початкових етапах дослідження для збору, осмислення та структурування інформації з різних джерел — нормативних актів, наукових публікацій, статистичних матеріалів тощо. Аналіз дозволив розділити складне явище вирощування енергетичних культур на окремі складові: економічні витрати, урожайність, екологічний вплив, правове регулювання. Синтез, своєю чергою, забезпечив об'єднання окремих фрагментів у цілісне уявлення про еколого-економічну ефективність.

2. Метод теоретичного узагальнення та систематизації. Цей метод дозволив узагальнити наявні підходи до оцінки ефективності вирощування енергетичних культур у науковій літературі та практиці. Систематизовано критерії оцінки (економічні — витрати, прибуток, період окупності; екологічні — вплив на ґрунти, біорізноманіття, викиди парникових газів). Результатом стало створення аналітичної моделі, придатної для застосування до умов Київської області [39].

3. Метод порівняльного аналізу. Він дозволив зіставити економічні показники вирощування різних видів енергетичних культур (міскантус, верба, тополя) з традиційними культурами на території області. Також було проаналізовано екологічні переваги: наприклад, здатність до фітореMediaції, формування сталого покриття на еродованих ґрунтах, зменшення потреби у пестицидах. Порівняння здійснювалося як за прямими показниками, так і з використанням інтегрального коефіцієнта ефективності.

4. Системно-структурний аналіз. Цей метод дозволив розглядати енергетичне землеробство як систему, що включає екологічну, економічну та соціальну підсистеми. Було встановлено, як зміна одного елементу (наприклад, структура витрат на агротехніку) впливає на загальну ефективність вирощування. Також було проаналізовано, як вирощування енергетичних

культур може впливати на структуру землекористування в області (наприклад, шляхом залучення деградованих земель).

5. Метод логічного узагальнення. Застосовувався на завершальних етапах роботи для формулювання висновків, узагальнення результатів аналізу та оцінки перспектив використання енергетичних культур у Київській області. Метод дозволив логічно структурувати матеріал і визначити ключові тенденції, наприклад: перспективність вирощування на малопродуктивних ґрунтах, залежність окупності проекту від масштабів виробництва, необхідність регіонального планування біоенергетичних програм [40].

У межах дипломної роботи економічна ефективність вирощування енергетичних культур визначалась на основі розрахунків основних економічних показників, що дозволяють оцінити доцільність впровадження таких культур у виробництво. Передусім враховувалась повна собівартість. Валовий дохід обчислювався як добуток урожайності культури на середню ринкову ціну біомаси. Прибуток розраховувався як різниця між валовим доходом і собівартістю [41].

Для характеристики економічної ефективності також використовувався показник рентабельності, який демонструє відсоткове співвідношення прибутку до собівартості.

Дані для розрахунків базувались на статистичних звітах аграрних установ, аналітичних матеріалах профільних міністерств, а також прикладах функціонуючих підприємств, які займаються вирощуванням енергетичних культур в Україні. Проведені розрахунки засвідчили, що при дотриманні відповідних технологічних і економічних умов вирощування енергетичних культур може бути високорентабельним, що підтверджує перспективність цього напрямку для Київської області.

РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ТЕРИТОРІЇ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Потенціал вирощування енергетичних культур в Україні та Київській області

На тлі сучасних викликів, пов'язаних зі зміною клімату, виснаженням традиційних енергетичних ресурсів і зростанням потреби в екологічно чистих джерелах енергії, все більшої уваги набуває вирощування енергетичних культур як одного з напрямів сталого розвитку аграрного сектору. Україна володіє значним потенціалом для виробництва біоенергетичної сировини завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам, наявності великих площ деградованих і малопродуктивних земель, які не придатні для традиційного землеробства, але можуть бути використані під енергокультури [42].

Особливо перспективною в цьому контексті є Київська область, де поєднуються розвинена аграрна інфраструктура та зручна логістика, що створює передумови для формування регіональних ланцюгів виробництва та переробки біомаси. У цьому підрозділі розглядаються агроекологічні передумови, економічна доцільність та екологічні переваги вирощування енергетичних культур, таких як міскантус, енергетична верба, тополя, павловнія, ріпак та інші. Оцінюється відповідність ґрунтово-кліматичних умов потребам зазначених культур, а також розкриваються перспективи їх впровадження в сільськогосподарське виробництво для забезпечення енергетичної безпеки та скорочення викидів парникових газів [43].

Аналізуючи відкриті дані аналітичного дослідження "Використання біомаси енергетичних культур у Північних областях України" від Агенції економічного розвитку PPV Knowledge Networks було охарактеризовано та порівняно потенціал різних енергетичних рослин для виробництва твердого

біопалива. Такий аналіз надає комплексну оцінку різних культур за ключовими енергетичними та технологічними показниками, що дозволяє обґрунтовано визначити їх придатність для вирощування в умовах України, зокрема в Київській області, як одного з потенційних регіонів розвитку біоенергетики (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Порівняльна характеристика енергетичних культур для виробництва твердого біопалива

Культура	Вихід сухої маси, т/га/рік	Нижча теплота згорання, МДж/кг сух. м	Виробництво енергії, ГДж/га	Вміст води в момент збору врожаю, %	Зола, %
Міскантус	8-32	17,5	143-560	15	3,7
Світчграс	9-18	18	н/д	15	6,0
Верба	8-15	18,5	280-315	53	2,0
Тополя	9-15	18,7	170-300	49	1,5
Очерет	6-12	16,3	100-130	13	4,0
Коноплі	10-18	16,8	170-300	н/д	н/д
Тростина	15-35	16,3	245-570	5,0	5,0

Одним із головних показників під час проведення аналізу є вихід сухої маси з гектара, який безпосередньо впливає на загальну біомасу, доступну для енергетичного використання. Найвищий потенціал за цим критерієм демонструє тростина (15–35 т/га/рік), що є дуже привабливим у контексті високої врожайності. Також високу продуктивність має міскантус (8–32 т/га/рік) — одна

з найбільш перспективних енергетичних трав. Коноплі, світчграс і тополя також демонструють прийнятні показники, що дозволяє розглядати їх як ефективні культури для біопалива [44].

Іншим важливим параметром є нижча теплота згорання, яка визначає енергетичну цінність одиниці сухої маси. Найвищі значення мають верба (18,5 МДж/кг) та тополя (18,7 МДж/кг), що свідчить про їх високу енергетичну ефективність при згорянні. Міскантус, світчграс і коноплі мають дещо нижчі, але теж конкурентні показники (від 16,8 до 18 МДж/кг), що дозволяє використовувати їх у системах біоенергетики з відповідним рівнем ефективності.

Загальний вихід енергії на гектар свідчить про реальний енергетичний потенціал культури. Тут найбільш ефективними є тростина (245–570 ГДж/га) та міскантус (143–560 ГДж/га). Верба, тополя та коноплі показують також стабільно високі значення (до 300–315 ГДж/га), що робить їх конкурентними джерелами енергії. Світчграс не має наведених даних у цьому стовпчику, що ускладнює повноцінну оцінку, але з огляду на його інші характеристики, потенціал цієї культури заслуговує на увагу [45].

Вологість у момент збирання є критично важливою для ефективності зберігання та переробки біомаси. Найменший вміст води має тростина (5%) та очерет (13%), що дозволяє уникнути додаткових витрат на сушіння. Навпаки, верба та тополя мають високий рівень вологості (53% і 49% відповідно), що може створювати труднощі під час зберігання та знижувати ефективність енергетичного використання без попередньої сушки [46].

Показник зольності прямо впливає на ефективність спалювання біомаси та на знос енергетичного обладнання. Найнижчий рівень золи має тополя (1,5%) і верба (2,0%), що робить їх дуже привабливими для чистого спалювання. Найгірші показники — у світчграсу (6,0%) та тростини (5,0%), що вимагає відповідного технічного забезпечення котлів для роботи з таким паливом.

Аналіз даної інформації свідчить про те, що найкращі енергетичні показники в умовах України демонструють тростина, міскантус, верба та тополя. Тростина має найвищий вихід біомаси та енергії при низькій вологості, хоча має відносно високу зольність. Міскантус поєднує високу врожайність із прийнятною теплотворною здатністю та низьким вмістом вологи. Верба й тополя — деревні культури, які добре зарекомендували себе завдяки високій теплоті згоряння та низькому вмісту золи, але їхній недолік — висока вологість. Решта культур, зокрема світчграс, коноплі та очерет, можуть бути використані як додаткові або альтернативні джерела біомаси, з урахуванням регіональних особливостей, наявності технологічної бази та екологічних вимог [47].

Для Київської області, з її помірним кліматом і наявністю значних площ під потенційне вирощування енергокультур, доцільно формувати багатовидову структуру біоенергетичних плантацій із акцентом на високопродуктивні та адаптовані культури — міскантус, вербу, тополя. Це дозволить не лише зменшити енергетичну залежність регіону, а й підвищити агроєкологічну стабільність агроландшафтів.

На діаграмі (Рис. 3.1) проілюстровано площі, зайняті під енергетичні культури у чотирьох областях України — Волинській, Житомирській, Київській та Рівненській. Найбільші площі зосереджені у Волинській області (1700 га), далі — Київська область (380 га), Житомирська (110 га) і найменше — Рівненська (67 га). Ці дані є важливими для формування обґрунтованої еколого-економічної стратегії вирощування енергетичних культур, зокрема в контексті переходу до відновлюваних джерел енергії та сталого використання земельних ресурсів [48].

У контексті Київської області, площа у 380 га свідчить про вже наявну, хоча й помірну, зацікавленість у вирощуванні енергетичних культур. Найменування зазначених культур — енергетична верба та міскантус — цілком логічне з урахуванням агрокліматичних умов області. Київщина

характеризується сприятливим гідротермічним режимом, достатнім рівнем сонячної радіації та наявністю маргінальних (малопродуктивних) земель, які доцільно використовувати під енергетичні насадження, не конкуруючи з продовольчим землеробством.

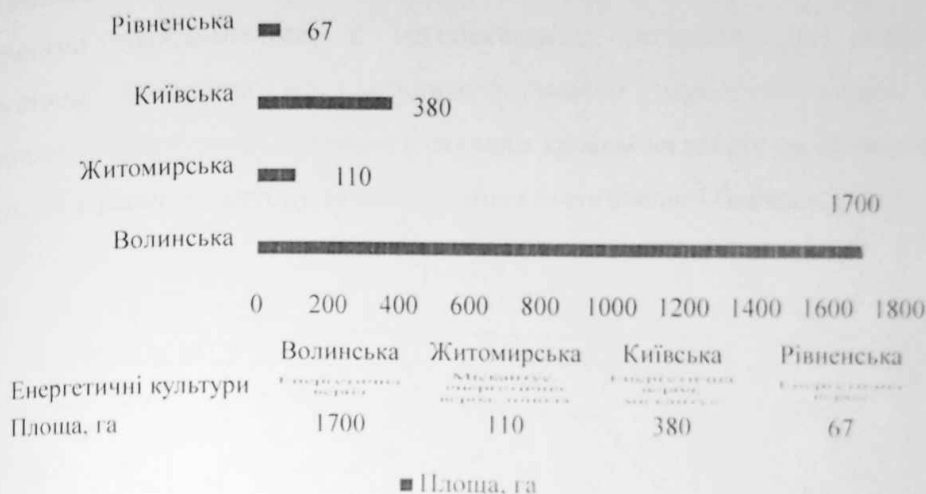


Рис. 3.1. Площі під енергетичними культурами

У порівнянні з лідером — Волинською областю, де під енергокультури вже залучено 1700 га, Київщина має значний нереалізований потенціал. Це відкриває перспективи для подальшого розширення площ шляхом залучення деградованих і непридатних для продовольчого виробництва земель. Водночас такий підхід дозволяє:

- підвищити енергонезалежність регіону;
- зменшити викиди CO_2 за рахунок використання біомаси замість викопного палива;
- активізувати економіку сільських територій шляхом створення нових робочих місць і залучення інвестицій.

З точки зору екології, енергетичні культури (особливо міскантус і верба) позитивно впливають на стан ґрунтів — вони перешкоджають ерозії, покращують структуру ґрунту, не потребують інтенсивного внесення агрохімікатів, а також сприяють біорізноманіттю [49].

Київська область, з її агроекологічними характеристиками та соціально-економічними передумовами, є перспективним регіоном для розвитку біоенергетики. Київщина має можливість значно наростити площі під енергетичними культурами, що стане важливим кроком на шляху до екологічної модернізації аграрного сектору та забезпечення енергетичної безпеки.



Рис. 3.2. Потенціал вирощування енергетичних насаджень в Україні, тис. т н.е

На рис 3.2 представлено потенціал енергетичних насаджень у регіонах України в тисячах тонн нафтового еквівалента (тис. т н.е). Видно, що рівень цього потенціалу суттєво варіюється між областями. Найвищі показники

демонструють АР Крим (737 тис. т н.е), Житомирська (730) та Чернігівська області (546), що свідчить про значні можливості цих регіонів у сфері біоенергетики. Київська область має також досить високий показник — 417 тис. т н.е, що дозволяє віднести її до числа регіонів з вагомим енергетичним потенціалом [50].

Для Київської області це особливо актуально, враховуючи її географічне розташування, щільність населення та високий рівень енергоспоживання. Вирощування енергетичних культур тут може стати не лише засобом покращення енергетичної безпеки регіону, а й інструментом відновлення малопродуктивних і деградованих земель. Енергетичні культури здатні покращити стан ґрунтів, зменшити ерозію, слугувати бар'єром проти поширення бур'янів і потребують значно менше агрохімікатів, ніж традиційні сільськогосподарські культури. Це робить їх екологічно доцільними для впровадження.

3.2. Екологічна ефективність вирощування основних енергетичних культур у Київській області

В еколого-економічному вимірі потенціал Київщини дозволяє формувати цілісні ланцюги доданої вартості — від вирощування біомаси до її переробки у тверде біопаливо. Це створює нові робочі місця, особливо в сільській місцевості, стимулює розвиток локальної інфраструктури, залучення інвестицій у біоенергетичний сектор, зменшує залежність регіону від імпортного палива та покращує стан навколишнього середовища. У комплексі це дозволяє вважати Київську область перспективним регіоном для розвитку екологічно й економічно ефективного виробництва енергії з біомаси [51].

Під час виконання роботи доцільним є аналіз природно-кліматичних умов регіону. Під час вирощування енергетичних культур важливо враховувати такі

природні чинники, як кількість опадів і склад (якість) ґрунту, оскільки саме вони значною мірою визначають успішність росту рослин, їхню врожайність та економічну доцільність виробництва біомаси.

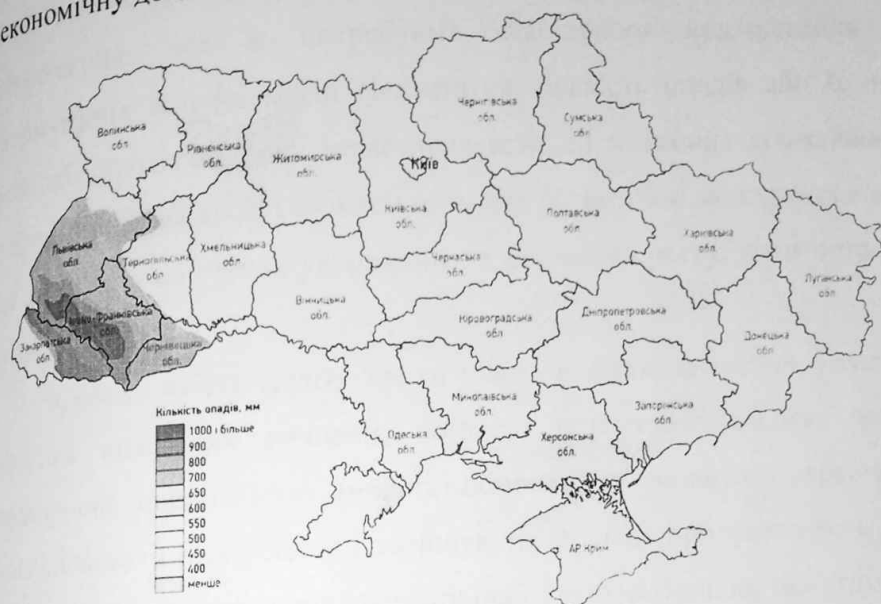


Рис. 3.3. Карта кількості опадів (за рік)

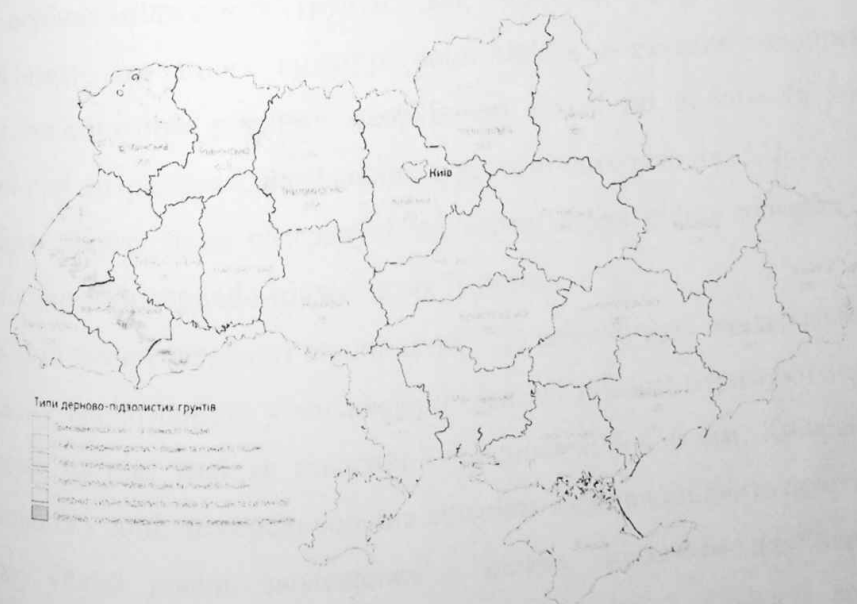


Рис. 3.4. Поширення дерново-підзолистих ґрунтів

Рис. 3.4. Поширення дерново-підзолистих ґрунтів

Кількість опадів є ключовим фактором водного забезпечення рослин. Енергетичні культури, хоч і вважаються відносно невибагливими до умов зволоження, все ж потребують стабільного надходження вологи для формування зеленої маси. Недостатня кількість опадів або їх нерівномірний розподіл протягом року може призвести до зниження врожайності, затримки росту, зниження якості біомаси та навіть до загибелі молодих рослин. Особливо це актуально на етапах укорінення та активного росту, коли потреба у волозі є підвищеною [52].

Склад і якість ґрунту також мають важливе значення. Ґрунти з низьким вмістом поживних речовин, поганою водоутримувальною здатністю або надмірною кислотністю можуть обмежувати розвиток кореневої системи, уповільнювати ріст рослин і зменшувати загальну продуктивність культур. Для ефективного вирощування енергетичних культур бажано, щоб ґрунт був добре структурованим, помірно зволеним і мав базовий рівень родючості. Саме тому дерново-підзолисті ґрунти, які поширені в Київській області, є прийнятними для таких культур: вони мають достатню водопроникність і можуть забезпечити рослини необхідною кількістю вологи та мінеральних речовин при дотриманні мінімальних агротехнічних заходів [53].

Для аналізу були розглянуті дві карти: карта річної кількості опадів та карта поширення дерново-підзолистих ґрунтів.

Карта річної кількості опадів (рис. 3.3) демонструє, що територія України має значну варіативність у зволоженні. Західні області отримують понад 1000 мм опадів на рік, тоді як південні — менше 400–450 мм. Київська область розташована у зоні, де середньорічна кількість опадів становить приблизно 550–600 мм. Такий рівень зволоження є цілком достатнім для вирощування енергетичних культур, які не потребують надмірної кількості вологи, але

водночас потребують стабільного та помірного зволоження для ефективного росту.

На карті поширення дерново-підзолистих ґрунтів (рис. 3.4) видно, що ці ґрунти переважають у північній частині України, зокрема й у Київській області. У межах регіону зустрічаються переважно слабопідзолисті та середньогумусовані дерново-підзолисті ґрунти. Вони є сприятливими для вирощування багатьох видів енергетичних культур, таких як енергетична верба, тополя, міскантус тощо. Ці рослини характеризуються невибагливістю до родючості ґрунтів і добре адаптуються до подібних умов, особливо за умов застосування базових агротехнічних заходів.

За річною кількістю опадів Київська область має показник 500–600 мм, що є дещо нижчим порівняно з іншими регіонами: наприклад, у Житомирській області випадає 600–650 мм, у Рівненській — 650–700 мм, а у Волинській — 550–650 мм. Водночас, цей рівень зволоження для Київщини залишається достатнім для вирощування енергетичних культур, особливо за умов правильно підібраної агротехніки [54].

Щодо типів ґрунтів, то на території Київської області переважають дерново-підзолисті, дерново-глеєві, лучні й болотні ґрунти. Це близьке до характеристик Житомирської, Рівненської та Чернігівської областей, де також домінують дерново-підзолисті й болотні ґрунти. Важливо, що такі ґрунти придатні для вирощування енергетичних культур, оскільки мають задовільні водно-фізичні властивості та забезпечують рослинам достатню кількість вологи.

Середня температура в Київській області становить -6° у січні та $+19,5^{\circ}$ у липні, що є цілком сприятливим температурним режимом. Для порівняння, в інших регіонах температури у січні коливаються від -4° до -10° , а в липні — від $+17^{\circ}$ до $+20^{\circ}$. Таким чином, кліматичні умови Київщини не мають суттєвих відхилень від умов у сусідніх північних регіонах і є цілком придатними для вирощування енергетичних культур.

За технічним потенціалом енергетичних культур Київська область має 417 тис. т.н.е., що є середнім показником серед п'яти областей. Наприклад, Житомирська область має найвищий потенціал — 730 тис. т.н.е., що пояснюється, зокрема, кращими ґрунтами (наявність чорноземів) та вищим рівнем зволоження. Водночас Волинська та Рівненська області мають значно нижчі показники — 100 та 123 тис. т.н.е. відповідно.

Щодо рекомендованих культур для промислового вирощування, Київська область має широкий спектр — енергетична верба, міскантус, тополя, що свідчить про високу адаптивність природних умов до різних видів енергетичних рослин. Це вигідно відрізняє регіон, наприклад, від Рівненської області, де рекомендується лише один вид — енергетична верба [55].

Узагальнюючи, можна стверджувати, що Київська область має сприятливі умови для вирощування енергетичних культур, які хоч і дещо поступаються Житомирській області за потенціалом, проте мають більш збалансовані показники зволоження, температури та придатності ґрунтів. Також важливо підкреслити, що різноманіття рекомендованих культур для вирощування робить регіон перспективним для розвитку енергетичного землеробства з можливістю адаптації до ринкових та кліматичних змін.

Поєднання достатньої кількості опадів і наявності дерново-підзолистих ґрунтів створює хороші передумови для розвитку енергетичного землеробства в регіоні. Це дозволяє стверджувати, що з екологічної точки зору регіон є придатним для такого виду діяльності, а з економічної — перспективним для впровадження відповідних проєктів.

Згідно з даними Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, в Україні нараховується ще близько 4 млн га необроблених сільськогосподарських земель, з яких 1 млн га можуть бути ефективно використані для закладання плантацій енергетичних культур. Ця інформація

свідчить про великий потенціал України у сфері біоенергетики, без потреби вилучати високоякісні угіддя з продовольчого обігу [56].

Таким чином, цілком реально досягти поставленої мети — 1 млн га під енергокультури, не порушуючи балансу між енергетичною та продовольчою безпекою. Це особливо актуально в умовах трансформації енергетичного сектору України та потреби зменшення залежності від традиційних джерел палива [57].

Існує значний резерв земель для розвитку біоенергетики, зокрема через використання малопродуктивних і необроблюваних сільськогосподарських ділянок. Такий підхід дозволяє розвивати сталу енергетику, одночасно сприяючи відновленню деградованих територій та активації сільських регіонів через створення нових робочих місць і джерел доходу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Структура земельних угідь в Україні

Структура земельних угідь		Частка, %
Землі сільськогосподарського призначення	Продуктивні	51,65
	Малопродуктивні	17,25
Землі під лісами		17,5
Інші	Відкриті заболочені землі	1,7
	Інші відкриті землі	1,8
	Несільськогосподарські землі	2,0
	Землі під водою	4,0
	Забудовані землі	4,1

У таблиці 3.2 представлено структуру земельних угідь в Україні за категоріями призначення та продуктивності, що дозволяє краще оцінити потенціал використання земель під вирощування енергетичних культур.

Найбільшу частку земель займають продуктивні сільськогосподарські землі — 51,65%. Це основні площі, які активно використовуються для вирощування продовольчих культур, і залучення їх для біоенергетики є малоймовірним через конкуренцію з аграрним виробництвом [58].

Далі йдуть малопродуктивні сільськогосподарські землі — 17,25%, які становлять великий резерв для альтернативного використання, зокрема для вирощування енергетичних культур. Такі землі зазвичай характеризуються зниженим рівнем родючості, ерозійними процесами чи обмеженнями зволоження, але можуть бути ефективно використані під культури, які не потребують високої якості ґрунту, наприклад, енергетичну вербу, міскантус, тополь тощо [59].

Землі під лісами займають 17,5%, і хоча вони не підлягають освоєнню під енергокультури, лісові ділянки можуть бути джерелом біомаси у формі відходів деревини чи заготівлі низькосортної деревини.

Категорія "Інші землі" включає різні типи територій:

- Відкриті заболочені землі (1,7%) — у разі осушення чи регламентованого використання також можуть частково використовуватись під енергетичні культури;

- Інші відкриті землі (1,8%), несільськогосподарські землі (2,0%), землі під водою (4,0%) та забудовані землі (4,1%) — переважно не придатні для сільськогосподарського використання, але в окремих випадках (наприклад, на територіях поблизу промзон) можлива закладка енергетичних плантацій у формі рекультивації [60].

3.3. Економічна ефективність вирощування основних енергетичних культур у Київській області

В умовах зростаючого попиту на відновлювані джерела енергії особливу увагу приділяють енергетичним культурам як перспективному ресурсу для виробництва біопалива. Одним із ключових критеріїв доцільності їх вирощування є енергетична ефективність, яка визначається здатністю культури акумулювати енергію у вигляді біомаси. Аналіз виходу енергії з різних енергетичних культур та їх економічна ефективність вирощування дозволяє порівняти їхню продуктивність та обґрунтувати вибір найбільш оптимальних видів для вирощування з урахуванням кліматичних умов, родючості ґрунтів та економічних аспектів регіону. Ці дані є важливою основою для формування стратегії розвитку біоенергетики, особливо на регіональному рівні, зокрема в Київській області та в Україні загалом.

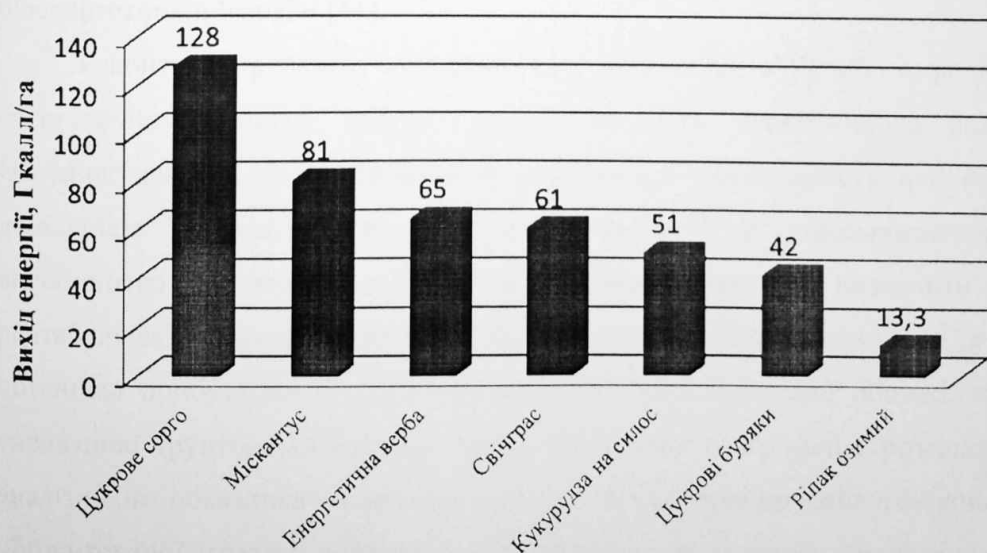


Рис. 3.5. Вихід енергії отриманої з енергетичних культур

На рисунку 3.5 зображено вихід енергії з різних енергетичних культур, виражений у гікалоріях на гектар.

Найвищий показник виходу енергії має цукрове сорго — 128 Гкал/га, що свідчить про його виняткову енергетичну ефективність. Міскантус із результатом 81 Гкал/га займає друге місце та підтверджує свою репутацію як однієї з найперспективніших культур для біоенергетики. Енергетична верба дає 65 Гкал/га, що теж є високим показником, особливо враховуючи її здатність рости на малородючих землях. Свічграс і кукурудза на силос демонструють помірні результати — 61 та 51 Гкал/га відповідно, що робить їх придатними для комбінованого вирощування в аграрному виробництві. Цукрові буряки дають 42 Гкал/га, а ріпак озимий показує найнижчий результат — лише 13,3 Гкал/га, що свідчить про його слабкий потенціал у контексті виробництва енергії. Загалом діаграма показує, що найбільший вихід енергії забезпечують багаторічні високопродуктивні культури, які можуть стати основою сталого розвитку біоенергетики в Україні [61].

У контексті розвитку альтернативної енергетики в Україні вирощування енергетичних культур набуває дедалі більшого економічного значення. Особливо актуальним є питання їх економічної ефективності, яке визначає доцільність упровадження таких агротехнологій у сільськогосподарське виробництво. Оцінка економічної ефективності дозволяє визначити рівень рентабельності вирощування окремих культур, окупність інвестицій, а також потенціал прибутковості для агровиробників. Для Київської області, яка має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови та вигідне географічне розташування, аналіз цього показника є важливим елементом формування еколого-економічно обґрунтованої стратегії переходу до сталого біоенергетичного виробництва.

Аналіз економічної ефективності вирощування енергетичних культур у Київській області свідчить про перспективність цього напрямку як для енергетичної незалежності, так і для аграрного сектору [62].

Таблиця 3.3

Економічна ефективність вирощування основних енергетичних культур на території Київської області

Культура	Урожайність, т/га/рік	Собівартість вирощування, грн/га	Ціна 1 т біомаси, грн	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Прибуток з 1 га, грн	Рентабельність, %
Енергетична верба	17,9	24 000	2 200	39 380	15 380	64,1
Міскантус	18,0	22 000	2 000	36 000	14 000	63,6
Тополя	15,6	23 000	2 100	32 760	9 760	42,4

Найбільш прибутковими культурами в умовах Київської області є енергетична верба та міскантус. Урожайність цих культур становить 17,9 та 18,0 тон з гектара відповідно, а прибуток із одного гектара — понад 14 тисяч гривень. Висока рентабельність, що перевищує 60 %, робить їх особливо привабливими для аграрного бізнесу, оскільки вони здатні забезпечити стабільний прибуток при відносно невеликих витратах на вирощування.

Міскантус демонструє трохи нижчий дохід порівняно з вербою, але також вирізняється високим показником рентабельності. Завдяки добрій урожайності та помірній собівартості вирощування, міскантус є ефективним варіантом для довгострокових інвестицій [63].

Тополя, хоча і поступається за прибутковістю, залишається економічно доцільною культурою. Її рентабельність становить понад 40 %, що також є хорошим показником, особливо для регіонів, де кліматичні чи ґрунтові умови

більше підходять для деревних порід. Водночас нижчий прибуток пов'язаний з меншою урожайністю у порівнянні з іншими двома культурами [64].

Загалом, вирощування енергетичних культур у Київській області може стати не лише джерелом біомаси для виробництва енергії, а й вигідним напрямом сільського господарства, особливо на малопродуктивних або необроблюваних землях.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження, присвячене еколого-економічній ефективності вирощування основних енергетичних культур на території Київської області, дозволило комплексно оцінити потенціал регіону у контексті розвитку біоенергетики. У процесі роботи було проаналізовано загальну площу земель, що відведені під вирощування енергетичних культур, кількість опадів, що отримує регіон, стан та поширення дерново-підзолистих ґрунтів, структуру земельних угідь, вихід енергії отриманої з енергетичних культур та економічну ефективність вирощування основних енергетичних культур.

Отримані результати стали основою для формулювання узагальнених висновків, які відображають ключові аспекти еколого-економічної доцільності впровадження таких агротехнологій у Київському регіоні:

1. У Київській області наявність 380 га під енергетичними культурами свідчить про помірну, але сформовану зацікавленість у цьому напрямі. Вибір міскантусу та енергетичної верби є обґрунтованим, зважаючи на сприятливі агрокліматичні умови та наявність малопродуктивних земель, придатних для таких насаджень без конкуренції з продовольчим виробництвом.

2. Київська область має досить високий показник щодо потенціалу вирощування енергетичних насаджень в Україні — 417 тис. т н.е, що дозволяє віднести її до числа регіонів з вагомим енергетичним потенціалом.

3. Щодо рекомендованих культур для промислового вирощування, Київська область має широкий спектр — енергетична верба, міскантус, тополя, що свідчить про високу адаптивність природних умов до різних видів енергетичних рослин.

4. Аналіз економічної ефективності вирощування енергетичних культур у Київській області свідчить про перспективність цього напрямку як для енергетичної незалежності, так і для аграрного сектору.

5. У Київській області найвищу економічну ефективність демонструють міскантус і енергетична верба, урожайність яких сягає близько 18 тонн з гектара. Прибуток з одного гектара перевищує 14 тисяч гривень, а рентабельність — понад 60 %, що робить ці культури привабливими для інвестування. Їх вирощування не лише забезпечує сталий дохід при помірних витратах, а й відкриває перспективи ефективного використання малопродуктивних земель як джерела біомаси для енергетичних потреб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ландін В. П., Мороз В. В., Захарчук В. А., Руденко О. М. Перспективи використання біоенергетичних культур в Україні. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. № 2. С. 82–87.
2. Матеріали XXI міжнародної науково-практичної конференції "Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті". Розділ 7. Молодіжна секція. Луцьк, 2021. С. 771.
3. Купчук І., Бистрицький О. Дослідження технології виробництва твердого біопалива. Агроекологічний журнал. 2023. № 3 (321). С. 55–59.
4. Калетнік Г. М., Токарчук Д. М. Біоенергетичний напрям розвитку підприємства та національного господарства. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2021. Вип. 1. С. 7–10.
5. Єсіпов О. В. Енергетична тополя як перспективний вид для отримання біомаси. Альтернативні джерела енергії, енергозбереження та екологічні аспекти в аграрному секторі: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків: ХНТУСГ, 2020. С. 94.
6. Каленська С. М., Рахметов Д. Б. та ін. Енергетичні та сировинні рослинні ресурси: навч. посіб. Київ: НУБіП України, 2022. 274 с.
7. Роїк М. В. та ін. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. за ред. В. М. Сінченка. Київ, 2015. С. 125–192.
8. Дзянкевич Ю. В., Гевко Р. Б., Розум Р. І., Буряк М. В. Підвищення ефективності використання твердого біопалива (огляд). Вісник інженерної академії України. 2018. № 3–4. С. 213–219.
9. Ворон О. А. Енергетичні культури – сировина для виробництва біопалива і відновлення порушених земель промисловими підприємствами України. Ecology and environmental protection technologies. 2024. С. 155–158.

10. Воробей В., Мелех Я., Гудз Н. Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України: аналіт. дослідж. Львів, 2018. С. 6–59.
11. Бурковська А. І., Бурковська А. В. Використання енергії біомаси в світі. Аграрна енергетика в ХХІ сторіччі: досягнення і перспективи розвитку: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. Біла Церква, 2022. С. 79–81.
12. Яцук І. П., Матусевич Г. Д. Агроєкологічний стан ґрунтів Київської області. Збалансоване природокористування. 2019. № 1. С. 79–85.
13. Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики України. Сучасні проблеми землеробської механіки: матеріали ХХІ Міжнар. конф. 2020. С. 5–30.
14. Гелетуша Г. Г. Науково-технічні засади виробництва енергії з біологічних видів палива: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.08. Київ, 2021. С. 37–116. На правах рукопису.
15. Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики України. Матеріали ХХІ Міжнародної наукової конференції „Сучасні проблеми землеробської механіки”, 2020. С. 1–2.
16. Сучасні енергетичні проблеми: реферат. 2023. С. 20–25.
17. Соломко Н. О. Сучасні технологічні процеси та обладнання прямого спалювання біомаси. Професійний розвиток та формування конкурентоспроможності сучасного фахівця: зб. матеріалів всеукр. наук.-практ. інтер.-конф. Ніжин, 2019. С. 121–124.
18. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Гнап І. В. Технологія вирощування енергетичної верби. Київ: Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2022. С. 21–29.

19. Роїк М. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. Біоенергетика. 2020. Вип. 2. С. 18–19.
20. Рибак А., Васильєва С. А. Біоенергетика як джерело відновлювальної енергії – потенціал майбутньої енергонезалежності України. Відновлювальна енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті: зб. матеріалів доп. учасн. ХХІ Міжнар. наук.-практ. конф., 14–15 трав. 2020 р. Київ, 2020. С. 772–780.
21. Ресульєва Н. Ш. Перспективи використання відходів рослинництва для вироблення біоенергії в Україні. Економіка: реалії часу. 2015. № 4 (20). С. 30–34.
22. Пришляк Н. В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. Агросвіт. 2021. № 1–2. С. 33–45.
23. Гелету́ха Г., Драгнев С., Кучерук П., Матвеев Ю. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників агропромислового комплексу). 2020. С. 8–69.
24. Олійник Є., Антоненко В., Чаплигін С., Зубенко В. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні: практич. посібник. Київ, 2018. С. 85–106.
25. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Досвід та перспективи вирощування тополі (*Populus* sp.) в південному степу України. Наукові праці Лісової академії наук України: зб. наук. пр. 2018. Вип. 7. С. 66–69.
26. Блюм Я. Б., Гелету́ха Г. Г., Григорюк І. П. та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. Київ: Аграр Медіа Груп, 2021. 326 с.

27. Пастух А. Правове регулювання державної підтримки вирощування енергетичних рослин в Україні. Підприємництво, господарство і право. 2020. С. 91–96.
28. Зварич І., Бринь В. Біоенергетика – альтернатива для України. Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: пандемічний та постпандемічний період: зб. тез доп. II Міжнар. наук.-практ. конф., 27 квіт. 2023 р. Тернопіль: ЗУНУ, 2023. С. 83–85.
29. Калетнік Г. М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. Г. М. Калетнік. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 788. С. 169–176.
30. Климчук О. В. Розвиток та регулювання конкурентоспроможного виробництва біопалив: монографія. О. В. Климчук. Вінниця: ФОП Рогальська І. О., 2017. 372 с.
31. Колпаченко Н. М. Біоенергетичний потенціал в системі потенціалів аграрного підприємства .Н. М. Колпаченко. Сучасний аграрний менеджмент: теорія, методологія, практика: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Суми: СНАУ, 2017. С. 203–205.
32. Нестеренко С. А. Управління розвитком біологічно-енергетичного потенціалу сільськогосподарських підприємств . С. А. Нестеренко. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія: Економічні науки. 2017. № 4. С. 353–361.
33. Подолянчук О. А., Захачук І. С. Біомаса продукції рослинництва – об'єкт обліку. О. А. Подолянчук, І. С. Захачук. *Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави*. 2017. Т. 1. С. 180–182.

34. Климчук О. В. Пріоритетні напрями розвитку енергетичного сектора України на економіко-екологічних засадах . О. В. Климчук .Бізнес Інформ. 2018. № 8. С. 76–81.
35. Климчук В. О. Економіко-технологічні процеси регіонального виробництва рідких біопалив в Україні. В. О. Климчук. Економіка АПК. 2017. № 5. С. 38–42.
36. Калетнік Г.М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. Вісник аграрної науки. 2018. (788). С. 169-176.
37. Правдюк Н. Л., Томчук О. В. Формування ринку біоенергетики в Україні та його інформаційно-аналітичне забезпечення. Економіка АПК. 2018. № 5. С. 51–62.
38. Пронько Л. М., Бабина О. М. Тенденції та перспективи енергетичного розвитку в Україні та світі. Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2017. № 11 (7). С. 123–135.
39. Скорук О. П. Перспективи використання біоенергетичного потенціалу Київської області. Облік і фінанси. 2017. Вип. 2. С. 153–162.
40. Токарчук Д. М. Управлінські заходи щодо підвищення ефективності виробництва ріпаку Вісник соціально-економічних досліджень: зб. наук. праць. 2018. № 1 (65). С. 125–133.
41. Мироненко М. Ю., Польова О. Л. Соціально-економічне значення біоенергетики та перспективи інноваційного прориву. Інвестиції: практика та досвід. 2016. № 7. С. 24–29.
42. Климчук О. В. Пріоритетні напрями розвитку енергетичного сектора України на економіко-екологічних засадах. Бізнес Інформ. 2018. № 8. С. 76–81.

43. Горб О. О., Чайка Т. О., Яснолоб І. О. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: колективна монографія. П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. 326 с.
44. Дубневич Ю., Черевко Д. Методика визначення ефективності вирощування ріпаку на енергетичні потреби. Аграрна економіка. 2016. Т. 9, № 3–4. С. 9–16.
45. Усик Б. В. Розвиток альтернативної енергетики в Україні. Часопис картографії. 2018. Вип. 12. С. 198–218.
46. Трипольська Г. С., Подолець Р. З. Ринок біопального в Україні Економіка і прогнозування. 2017. № 2. С. 75–92.
47. Чучуй В. П., Уминський С. М., Інютін С. В. Альтернативні джерела енергії : навч. посібник для студ. вищ. учбових закл. Одеський держ. аграрний ун-т. Одеса : ТЕС, 2015. 495 с.
48. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Трибой О. В., Баштовий А. І. Аналіз критеріїв сталого розвитку біоенергетики. Промислова теплотехніка. 2016. Т. 38, № 6. С. 49–57.
49. Гончарук І. В. Енергетична незалежність як суспільно-економічне явище. Економіка та держава. 2020. № 8. С. 71–77
50. Гончарук І. В., Томашук І. В. Економічна ефективність енергетичної автономії АПК за рахунок використання біопалив. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2019. № 2 (42). С. 7–19.
51. Гончарук І. В. Виробництво біогазу в аграрному секторі – шлях до підвищення енергетичної незалежності та родючості ґрунтів. Агросвіт. 2020. № 15. С. 18–29.

52. Калетнік Г. М., Здирко Н. Г., Фабіянська В. Ю. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2019. № 8. С. 7–22.
53. Калетнік Г. М. Перспективи підвищення енергетичної автономії підприємств АПК в рамках використання енергетичної стратегії України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. Вип. 4. С. 90–98.
54. Калетнік Г. М., Буреннікова Н. В., Потапова Н. А. Виробництво та використання біопалив в Україні: економетричні підходи, моделювання. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2018. Вип. 9. С. 7–23.
55. Калетнік Г. М., Гончарук І. В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. Економіка АПК. 2020. № 9. С. 6–16.
56. Калетнік Г. М., Климчук О. В., Мазур В. А. Перспективність та ефективність виробництва біодизельного палива в Україні з олійних культур. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2019. № 5. С. 7–17.
57. Поручник А. М., Кулаковський К. О. Енергетична безпека та диверсифікація енергоресурсів. Економіка та держава. 2017. № 8. С. 18–21.
58. Пришляк Н. В., Балдинюк В. М. Ефективність виробництва сільськогосподарської продукції як сировини для переробки на біопалива. Агросвіт. 2019. № 21. С. 47–58.
59. Пришляк Н. В., Курило В. Л., Пришляк В. М. Розвиток біоенергетики як складова забезпечення енергетичної безпеки України. Економіка та держава. 2020. № 4. С. 146–155.

60. Пришляк Н. В., Паламаренко Я. В., Березюк С. В. Стратегічне управління інноваційним розвитком взаємопов'язаних галузей з виробництва біопалива. Вінниця: ТОВ «ДРУК», 2020. С. 404
61. Сагайдак І. С. “Зелена” енергетика в контексті загроз економічній та національній безпеці. Економіка та держава. 2020. № 6. С. 113–117.
62. Самойлик Ю. В., Еколого-енергетичні інновації як чинник забезпечення економічної стійкості аграрних підприємств. АгроСвіт. 2020. № 13-14. С. 40.
63. Фурман І. В., Токарчук Д. М. Продовольча безпека та економічні засади виробництва біопалива .Економічний аналіз: зб. наук. праць. 2018. Т. 28, № 1. С. 168–174.
64. Климчук О. В. Методологічні засади кластеризації та інноваційності у формуванні конкурентоспроможного виробництва біопалив. О. В. Климчук.Бізнес Інформ. 2016. № 5. С. 57–62.